

ГИБКИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСИРОВАННЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Кузьмина Е.В., kuzmina139@mail.ru, Самохин П.А., SamPeter@mail.ru

Хохлов Ю.И., URAH_44@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет

В современной электроэнергетике начинают широко использоваться гибкие линии электропередач переменного тока. В основе их построения лежит применение продольной компенсации индуктивного сопротивления и векторное управление напряжениями на входе и выходе линии. Значительный энергосберегающий эффект может быть достигнут при реализации принципов гибкого векторного управления в системах электроснабжения (СЭС) потребителей электрической энергии постоянного тока. С целью существенного снижения установленной мощности устройств продольной компенсации предлагается использовать компенсированные выпрямители (КВ) с пятой и седьмой гармониками тока в коммутирующих конденсаторах, а для осуществления векторного управления – автономные инверторы напряжения (АИН). При этом автономные инверторы входными выводами подключаются со стороны постоянного тока выпрямителей, а выходными – посредством входящего в состав АИН низкочастотного фильтра и согласующего трансформатора последовательно с сетевыми обмотками преобразовательных трансформаторов [1]. Принципиальная схема СЭС с одним КВ представлена на рис. 1.

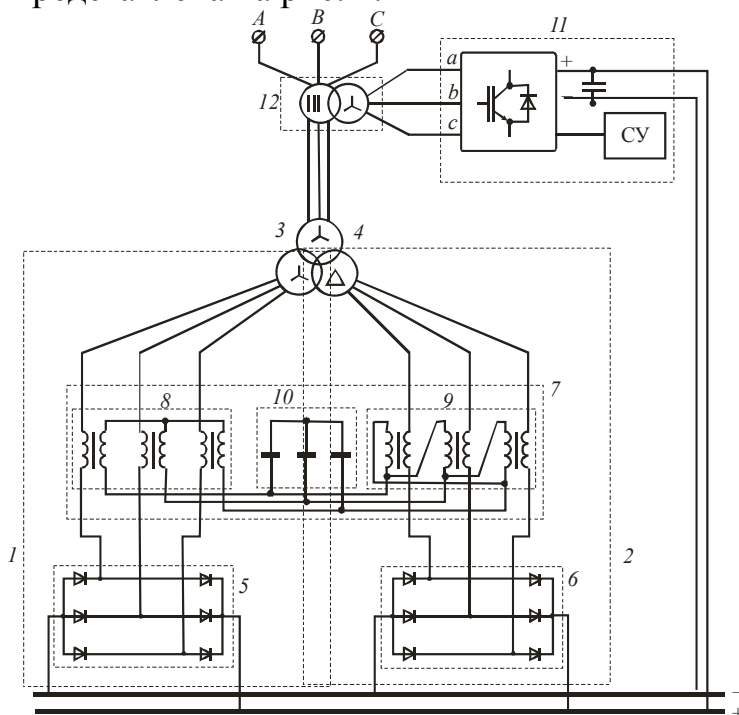


Рис. 1. Принципиальная схема двенадцатифазного выпрямительного агрегата с векторным управлением:

1 и 2 – шестифазные преобразовательные блоки КВ; 3 и 4 – вентильные обмотки преобразовательного трансформатора; 5 и 6 – выпрямительные мосты; 7 – компенсирующее устройство КВ; 8 и 9 – реакторы компенсирующего устройства; 10 – реакторы компенсирующего устройства; 11 – АИН; 12 – согласующий трансформатор

СЭС промышленных предприятий, как правило, состоят из ряда параллельно работающих выпрямительных агрегатов. При этом появляется возможность компенсации в СЭС не только реактивной мощности, но и мощности искажения [2]. На рис. 2 поясняется принцип векторного управления СЭС, содержащей два параллельно работающих двенадцатифазных выпрямительных агрегата. В двенадцатифазный режим работы система электроснабжения переходит при угле сдвига фаз между одноименными результирующими первичными фазными напряжениями одного выпрямительного агрегата относительно другого, равном нулю, а в двадцатичетырехфазный – при угле:

$$\frac{2\pi}{np} = \frac{2\pi}{2 \cdot 12} = \frac{\pi}{12},$$

где n – количество выпрямительных агрегатов; p – фазность выпрямительных агрегатов.

Амплитуды и начальные фазы управляющих напряжений изменяют так, что результирующие напряжения U_R , определяемые напряжением питающей сети U_S и управляющими напряжениями U_Y , изменяются только по амплитуде, сохраняя симметрию системы результирующих напряжений всех агрегатов при углах сдвига фаз между одноименными результирующими первичными фазными напряжениями одного выпрямительного агрегата относительно другого, равных $\frac{2\pi}{np}$.

Изменением результирующих первичных напряжений выпрямительных агрегатов на величину ΔU обеспечивается пропорциональное плавное регулирование выпрямленного напряжения системы электроснабжения.

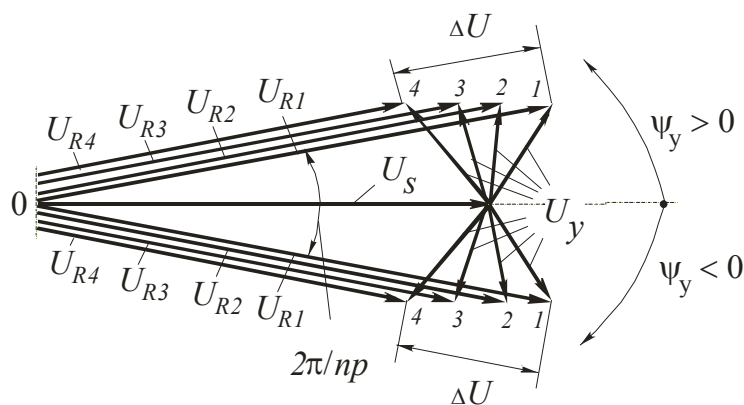


Рис. 2. Векторная диаграмма для первых гармоник напряжений:
 U_S – вектор напряжения питающей сети; U_Y – векторы напряжений управления, создаваемые АИН; U_R – векторы результирующих напряжений на входе СЭС

На рис. 3 и 4 представлены результаты моделирования системы электропитания при ее работе в двенадцатифазном и двадцатичетырехфазном режимах соответственно в программе MATLAB. Из рис. 4 видно, что системы электропитания сохраняют требуемый угол сдвига фаз, что обеспечивает повышение фазности преобразования системы, а, следовательно, и снижение ее гармонического воздействия на питающую сеть.

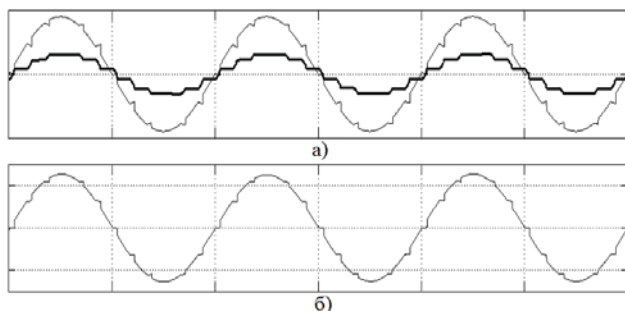


Рис. 3. Результаты моделирования системы электропитания при ее работе в двенадцатифазном режиме:
а) – спектр напряжения и тока сети;
б) – спектр результирующих фазных напряжения и тока

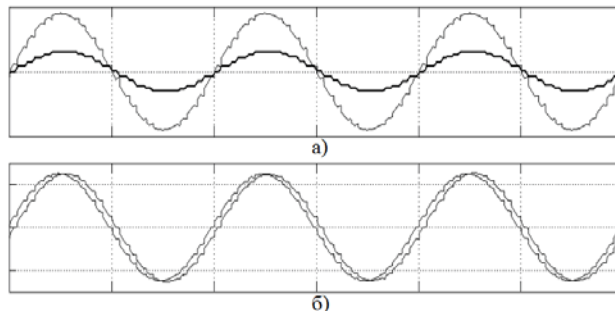


Рис. 4. Результаты моделирования системы электропитания при ее работе в двадцатичетырехфазном режиме:
а) – спектр напряжения и тока сети;
б) – спектр результирующих фазных напряжения и тока

Выводы:

1. Применение гибких СЭС на основе компенсированных выпрямителей позволило решить вопрос регулирования, компенсации и повышения качества электрической энергии, а при необходимости рекуперировать избыточную энергию из сети постоянного тока в сеть переменного тока, например, энергию торможения электрического транспорта.

2. В силу применения высоких частот (250 Гц) значительно снижается установленная мощность и габариты компенсирующего устройства системы электропитания, а также потери электрической энергии в нем.

3. Данный способ обеспечивает существенное снижение гармонического воздействия СЭС на питающую сеть и потребитель постоянного тока.

4. Предлагаемый способ обеспечивает оптимизацию работы СЭС по потреблению реактивной мощности, что снижает потери электрической энергии в питающей сети.

Библиографический список

1. Способ управления многофазным выпрямительным агрегатом: пат. 2333589 Рос. Федерация. № 2007109991/09; заявл. 19.03.07; опубл. 10.09.08, Бюл. № 25. 12 с.
2. Способ управления многофазной системой электропитания потребителей постоянного тока: пат. 2410830 Рос. Федерация. № 2009132383/07; заявл. 20.08.09; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3. 12 с.